

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-053533  
 (43)Date of publication of application : 26.02.2003

(51)Int.Cl. B23K 9/04  
 B23K 31/00  
 B23P 6/04  
 B24C 1/10  
 E04G 23/02  
 G21C 19/02

(21)Application number : 2001-241725  
 (22)Date of filing : 09.08.2001

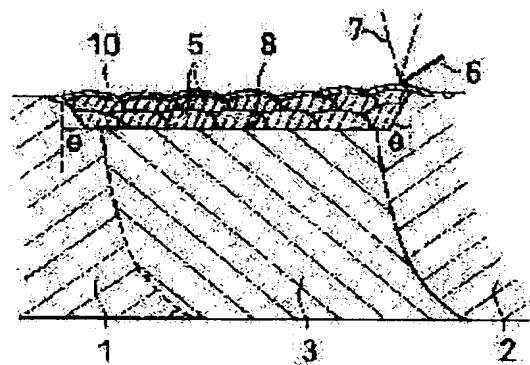
(71)Applicant : TOSHIBA CORP  
 (72)Inventor : TAMURA MASAKI  
 MAKINO YOSHINOBU  
 KONO WATARU  
 SUEZONO CHIYOUICHI  
 KIMURA SEIICHIRO  
 TAKAHASHI HIDENORI

## (54) METHOD OF REPAIRING STRUCTURE AND REPAIR WELDING EQUIPMENT

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a method of repairing a structure which is capable of removing the crack arising in the structure or sealing the surface aperture of the crack and is capable of suppressing the reoccurrence of the crack in a repair weld zone by reducing the residual stress of tension in the surface section of the repair weld zone and a repair welding equipment.

**SOLUTION:** The method of repairing the structure 1 which consists of an Fe-base alloy or Ni-base alloy and in which the open defect, such as stress corrosion crack, exists in the sensitized region of a weld heat affected zone has a first process step of forming a recessed part 8 by removing the whole of the open defect 4 or a region inclusive of a portion thereof, then forming a build-up weld layer 5 for packing the recessed part 8 and a second process step of subjecting the surface section (10) formed with the build-up weld layer 5 to a treatment to reduce the residual stress of tension.



(19)日本国特許庁 (JP)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-53533

(P2003-53533A)

(43)公開日 平成15年2月26日 (2003.2.26)

(51)Int.Cl.  
B 23 K 9/04  
31/00  
B 23 P 6/04  
B 24 C 1/10

識別記号

F I  
B 23 K 9/04  
31/00  
B 23 P 6/04  
B 24 C 1/10

テマコード\* (参考)  
S 2 E 1 7 6  
F  
A  
E

審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 8 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号

特願2001-241725(P2001-241725)

(22)出願日

平成13年8月9日 (2001.8.9)

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

東京都港区芝浦一丁目1番1号

(72)発明者 田村 雅貴

神奈川県横浜市鶴見区末広町2丁目4番地  
株式会社東芝京浜事業所内

(72)発明者 牧野 吉延

神奈川県横浜市鶴見区末広町2丁目4番地  
株式会社東芝京浜事業所内

(74)代理人 100087332

弁理士 猪股 祥晃 (外2名)

最終頁に続く

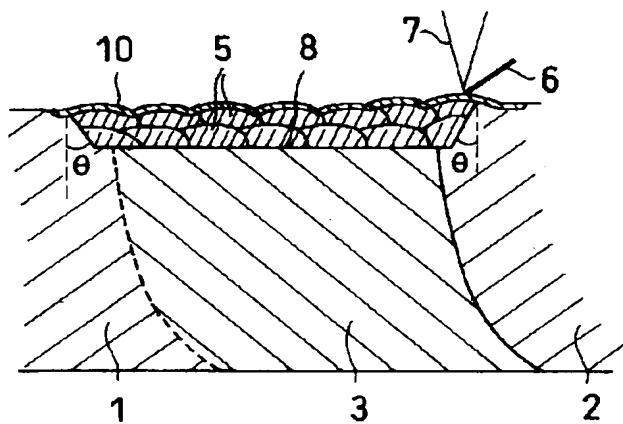
(54)【発明の名称】構造物の補修方法および補修溶接装置

(57)【要約】

【課題】構造物に発生したき裂を除去し、またはき裂の表面開口部を封止するとともに、補修溶接部の表面部における引張りの残留応力を低減してき裂の再発生を抑制することのできる構造物の補修方法および補修溶接装置を提供する。

【解決手段】Fe基合金またはNi基合金からなり溶接熱影響部の鋭敏化領域に応力腐食割れなどの開口欠陥が存在する構造物1の補修方法であって、前記開口欠陥4の全部または一部を含む領域を除去して凹部8を形成したのち、前記凹部8を充填する肉盛溶接層5を形成する第1の工程と、前記肉盛溶接層5を形成された表面部

(10)における引張りの残留応力を低減する処理を施す第2の工程とを有する構成とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 Fe基合金またはNi基合金からなり溶接熱影響部の鋭敏化領域に応力腐食割れなどの開口欠陥が存在する構造物の補修方法であって、前記開口欠陥の全部または一部を含む領域を除去して凹部を形成したのち、前記凹部を充填する肉盛溶接層を形成する第1の工程と、前記肉盛溶接層を形成された表面部における引張りの残留応力を低減する処理を施す第2の工程とを有することを特徴とする構造物の補修方法。

【請求項2】 第1の工程の前に、溶接熱影響部をクリーニングする前処理工程を有することを特徴とする請求項1記載の構造物の補修方法。

【請求項3】 Fe基合金またはNi基合金からなり溶接熱影響部の鋭敏化領域に応力腐食割れなどの開口欠陥が存在する構造物の補修方法であって、前記溶接熱影響部をクリーニングする前処理工程と、前記開口欠陥を含む領域に前記開口欠陥を封止する肉盛溶接層を形成する第1の工程と、前記肉盛溶接層を形成された表面部における引張りの残留応力を低減する処理を施す第2の工程とを有することを特徴とする構造物の補修方法。

【請求項4】 前処理工程における溶接熱影響部のクリーニングは、レーザ光の照射、グラインダ加工、フラップホイール加工の少なくとももいずれか一つの方法によることを特徴とする請求項2または3記載の構造物の補修方法。

【請求項5】 第1の工程における凹部の形成は、機械的研削または放電加工によることを特徴とする請求項1記載の構造物の補修方法。

【請求項6】 凹部の形状は台形であることを特徴とする請求項1記載の構造物の補修方法。

【請求項7】 台形の傾斜角度は60°から82°であることを特徴とする請求項6記載の構造物の補修方法。

【請求項8】 請求項1記載の構造物の補修方法において開口欠陥が凹部に一部残留した場合、あるいは請求項3記載の構造物の補修方法において、第1の工程における肉盛溶接の初層により前記開口欠陥を封止することを特徴とする構造物の補修方法。

【請求項9】 初層の肉盛溶接は、開口欠陥内部の水を除去しながら行うことを特徴とする請求項8記載の構造物の補修方法。

【請求項10】 第1の工程の肉盛溶接層の形成は、溶接ワイヤを供給しながら、レーザ光の照射またはアーク溶接によって行うことを特徴とする請求項1または3記載の構造物の補修方法。

【請求項11】 溶接の入熱量は0.1kJ/cmから5kJ/cmであることを特徴とする請求項10記載の構造物の補修方法。

【請求項12】 第2の工程は、レーザピーニング、ショットブロスト、ウォータージェットの少なくとももいずれか一つの方法を用いることを特徴とする請求項1または

10 10記載の構造物の補修方法。

【請求項13】 レーザ発振器およびシールドガス供給源に接続され構造物の部材面上に移動可能に設置される加工ヘッドを備え、この加工ヘッドは、溶接ワイヤの供給源および供給系と、レーザ光を集束し前記部材面上の溶接個所に照射する光学系と、超音波振動素子を備えシールドガス、レーザ光および溶接ワイヤの出口を形成するノズルとを備えたことを特徴とする補修溶接装置。

10 【請求項14】 溶接ワイヤを供給するモータとして、サーボモータまたは超音波モータを備えたことを特徴とする請求項13記載の補修溶接装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、構造物のき裂による事故の防止および構造物の長寿命化を目的とした構造物の補修方法および補修溶接装置に係り、とくに、応力腐食割れや疲労き裂を生じた構造物の補修方法および補修溶接装置に関する。

## 【0002】

20 【従来の技術】従来、原子炉炉内の構造物や機器など（以下、構造物という）にき裂が発生した場合には、その構造物全体を交換するか、あるいは補強金具を取り付けるなどの処置が施されている。また、き裂自体の補修方法としては、主としてTIG溶接方法（Tungsten Inert Gas Welding）が検討されている。しかしながら、既設原子炉の場合には、長期間の運転により中性子の照射を受け、基材そのものが劣化している可能性がある。このように、中性子の照射により劣化している基材にTIG溶接法を適用すると入熱が多く、TIG溶接施工後、再度溶接欠陥が発生する惧れがある。

30 【0003】また、TIG溶接法は、基本的に基材とトーチ電極との間にアーケを発生させながら基材を溶融する方法であるので、基材に酸化皮膜が付着していたり、開口欠陥の内部に酸化物が付着していたり、水が入りこんでいる場合、アーケが不安定となり、安定した溶接が行なえない欠点がある。

40 【0004】こうした点に鑑みて近年、レーザ光を用いた補修方法が発明されている。特開平7-62893号公報には、構造物の構造強度を低下させる、またはその可能性を有する欠陥において、切削と肉盛とを組み合わせた補修方法が開示されている。この補修方法では、補修によりき裂は一旦除去されるものの、補修のための肉盛溶接により補修溶接部表面に引張りの残留応力が生起され、き裂の再発生を抑制できない可能性がある。

50 【0005】また、特開平7-75893号公報には、構造物の欠陥を含む領域を取り除き凹部を形成した後、前記構造物を構成する材料に含まれる元素を少なくとも一部含む材料による肉盛溶接で前記凹部を充填する第1の工程と、前記領域の表面部にエネルギーを投入し、前記領域の表面部を再溶融した後、0.1μm以上3.0

$\mu\text{m}$ 以下の大きさの樹枝状結晶が形成される冷却速度で凝固させる第2の工程とからなる構造物の補修方法が開示されている。この補修方法では、補修溶接部の表面部を再溶融することにより、補修溶接部の表面に発生した鋭敏化領域を脱鋭敏化することは可能であると考えられる。しかしながら、補修溶接時および再溶融時における凝固収縮により引張りの残留応力の生起は避けられず、き裂の再発生を抑制できない可能性がある。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】以上のように従来知られている補修方法では、補修溶接部に引張りの残留応力の発生が不可避であり、補修溶接施工後の応力腐食割れなどのき裂の再発生を抑制できないおそれがある。

【0007】そこで、本発明は、構造物に発生したき裂を除去し、またはき裂の表面開口部を封止するとともに、補修溶接部の表面部における引張りの残留応力を低減してき裂の再発生を抑制することのできる構造物の補修方法および補修溶接装置を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために請求項1の発明は、Fe基合金またはNi基合金からなり溶接熱影響部の鋭敏化領域に応力腐食割れなどの開口欠陥が存在する構造物の補修方法であって、前記開口欠陥の全部または一部を含む領域を除去して凹部を形成したのち、前記凹部を充填する肉盛溶接層を形成する第1の工程と、前記肉盛溶接層を形成された表面部における引張りの残留応力を低減する処理を施す第2の工程とを有する構成とする。

【0009】本発明によれば、構造物に発生したき裂などの開口欠陥の全部または一部を除去し、除去した後の凹部に肉盛溶接層を形成し、肉盛溶接層を形成した表面における引張りの残留応力を低減する処理を施すことにより、き裂などの再発生を防止して補修溶接部の長期健全性を得ることができる。

【0010】請求項2の発明は、前記第1の工程の前に、溶接熱影響部をクリーニングする前処理工程を有する構成とする。本発明によれば、溶接熱影響部の検査が行いやすくなり、開口欠陥の除去と肉盛溶接を確実に行うことができる。

【0011】請求項3の発明は、Fe基合金またはNi基合金からなり溶接熱影響部の鋭敏化領域に応力腐食割れなどの開口欠陥が存在する構造物の補修方法であって、前記溶接熱影響部をクリーニングする前処理工程と、前記開口欠陥を含む領域に前記開口欠陥を封止する肉盛溶接層を形成する第1の工程と、前記肉盛溶接層を形成された表面部における引張りの残留応力を低減する処理を施す第2の工程とを有する構成とする。本発明によれば、溶接熱影響部の鋭敏化領域に応力腐食割れなどの開口欠陥が存在する構造物を簡易に補修することができる。

きる。

【0012】請求項4の発明は、前処理工程における溶接熱影響部のクリーニングは、レーザ光の照射、グラインダ加工、フラップホイール加工の少なくともいずれか一つの方法による構成とする。本発明によれば、構造物表面のスラグや酸化膜を除去して開口欠陥の検査を容易にすることができる。

【0013】請求項5の発明は、第1の工程における凹部の形成は、機械的研削または放電加工による構成とする。本発明によれば、必要な部位・形状の凹部を確実に形成することができる。

【0014】請求項6の発明は、凹部の形状は台形である構成とする。本発明によれば、凹部の形成と肉盛溶接を容易に行うことができる。請求項7の発明は、台形の傾斜角度は60°から82°である構成とする。本発明によれば、凹部の形成と肉盛溶接に大型の工具や装置を用いることができる。

【0015】請求項8の発明は、請求項1記載の構造物の補修方法において開口欠陥が凹部に一部残留した場合、あるいは請求項3記載の構造物の補修方法において、第1の工程における肉盛溶接の初層により前記開口欠陥を封止する構成とする。本発明によれば、開口欠陥が確実に封止され、後日同じ開口欠陥からの劣化進展のおそれの少ない構造物を提供することができる。

【0016】請求項9の発明は、初層の肉盛溶接は、開口欠陥内部の水を除去しながら行う構成とする。本発明によれば、開口欠陥内部に残留した水による補修部の劣化を未然に防ぐことができる。

【0017】請求項10の発明は、第1の工程の肉盛溶接層の形成は、溶接ワイヤを供給しながら、レーザ光の照射またはアーク溶接によって行う構成とする。本発明によれば、入熱の少ない肉盛溶接を行うことができる。

【0018】請求項11の発明は、溶接の入熱量は0.1kJ/cmから5kJ/cmである構成とする。本発明によれば、中性子照射などを受けた構造物を補修することができる。

【0019】請求項12の発明は、第2の工程は、レーザピーニング、ショットブラスト、ウォータージェットの少なくともいずれか一つの方法を用いる構成とする。本発明によれば、構造物表面部における肉盛溶接による引張り残留応力を効果的に低減することができる。

【0020】請求項13の発明は、レーザ発振器およびシールドガス供給源に接続され構造物の部材面上に移動可能に設置される加工ヘッドを備え、この加工ヘッドは、溶接ワイヤの供給源および供給系と、レーザ光を集め前記部材面上の溶接個所に照射する光学系と、超音波振動素子を備えシールドガス、レーザ光および溶接ワイヤの出口を形成するノズルとを備えた構成とする。本発明の補修溶接装置によれば、構造物の肉盛溶接補修を遠隔で行うことができる。

【0021】請求項1-4の発明は、溶接ワイヤを供給するモータとして、サーボモータまたは超音波モータを備えた構成とする。本発明によれば、小型軽量なモータによって溶接ワイヤを供給することができる。

#### 【0022】

【発明の実施の形態】以下に本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。補修の対象である構造物は例えば図1のようになっている。すなわち、構造物部材1は、オーステナイト系ステンレス鋼などのFe基合金あるいはインコネルなどのNi基合金からなる。構造物部材1を溶接部2によって溶接すると、溶接熱影響部3を生じる。溶接熱影響部3においては材料の結晶粒界にCr炭化物が析出し、銛敏化している。そのため、溶接熱影響部3にはき裂状の開口欠陥4が存在する可能性がある。

【0023】本発明の第1の実施の形態として、肉盛溶接と引張り残留応力の低減処理の2段階の工程を含む補修方法について図2を用いて説明する。まず前処理工程として、溶接熱影響部3表面に付着したクラッドや酸化皮膜を除去し、溶接熱影響部3の表面部のクリーニングを実施する。これには、レーザ光の照射またはグラインダ加工やフラップホイール加工などによる機械的な研削を用いる。このうち、レーザ光の照射では、パルス幅を5ns～100nsとすることにより、溶接熱影響部3の表面部のみを瞬間に加熱し、クラッドもしくは酸化皮膜を除去することが可能である。

【0024】溶接熱影響部3の表面部をクリーニングした後、外観観察や超音波による非破壊検査を実施し、き裂状の開口欠陥4の有無や開口幅を把握する。これにより、開口欠陥4が存在する場合は、第1の工程の前半において、開口欠陥4の全部または一部を含む溶接熱影響部3を除去して凹部8を形成する。ここでは、グラインダやフラップホイールなどによる機械的な研削または放電加工を用いる。

【0025】凹部8の形状は、傾斜のついた台形とし、その傾斜角度θは60°から82°とすることが望ましい。これは、補修溶接に用いる後述する加工ヘッドの先端のノズルと凹部8との干渉を避けるためのもので、傾斜角度θを60°から82°とすることによって外径7mmから30mmのノズルが使用可能である。なお、開口欠陥4は一部残留しても良い。

【0026】次に、第1の工程の後半として、補修溶接によりこの凹部8を肉盛溶接層5で充填する。肉盛溶接層5の形成は、後に説明する補修溶接装置によって溶接ワイヤ6とシールドガスを供給しながら、レーザ光7を照射して行う。ここで、補修溶接の加工条件の一例を図3の表に示す。すなわち、YAGレーザ発振器を用い、波長1.06μm、出力0.5kW～4.0kW、加工速度0.1m/min～5m/min、溶接ワイヤ直径

0.4mm～1.0mm、ワイヤ供給速度0.5m/m in～8m/m inの範囲で行うと、安定した補修溶接を施すことができる。

【0027】なお、原子炉炉内の構造物や機器を対象とした場合、中性子照射により基材が劣化し、溶接時の入熱により溶接欠陥が発生する可能性がある。中性子照射などによる劣化を受けた構造物を対象とした場合では、補修溶接時の入熱量は0.1kJ/cm～5kJ/cmと低入熱化することが望ましい。

【0028】次に第2の工程として、肉盛溶接層5を含む表面部にレーザ光を照射するレーザビーニングあるいは鋼球をあてるショットブラストにより、肉盛溶接層5を含む表面部における残留応力を除去または低減して残留応力低減層10を形成させる。レーザビーニングでは、レーザ光の照射により5ns～100nsという短時間の瞬間に肉盛溶接部の表面部を加熱し、その表面部を塑性変形させることにより、肉盛溶接層5の表面部における引張りの残留応力を低減することができる。また、ショットブラストでは、直径0.1mm～5mmの鋼球を肉盛溶接層5を含む表面部に当てるにより、表面部の塑性変形を起こし肉盛溶接層5の表面部における引張りの残留応力を低減することができる。

【0029】以上のように、補修溶接および残留応力低減処理という2段階の工程を含んだ補修を施すことにより、き裂進展による事故を防止し、かつ補修後の経年劣化による応力腐食割れなどのき裂の再発生を抑制し、補修溶接部ひいては構造物全体の長寿命化を図ることが可能になる。

【0030】上述のような構造物の補修を施工する補修溶接装置は、図4に示すような加工ヘッド11を備えている。加工ヘッド11内部には、光ファイバ12と、複数枚のコリメータレンズ13と集光レンズ14、折返しミラー15からなる光学系と、溶接ワイヤ6を供給するワイヤ供給装置とを一体化して内蔵する。

【0031】光学系は、光ファイバ12から出たレーザ光7を、複数枚のコリメータレンズ13により平行光にして伝送し、補修溶接部23近傍で集光レンズ14により集光し、最後に折返しミラー15で折り返して、構造物16の表面にレーザ光7を照射する。レーザ光7は構造物16に対して垂直ではなく、10°～20°傾けて照射し、反射光が加工ヘッド11内部に入ってくるのを回避する。

【0032】溶接ワイヤ6を供給するワイヤ供給装置17は、溶接ワイヤ6のリール18、圧着ローラ19、サーボモータ20、ワイヤ供給パイプ21、ワイヤチップ22からなる。サーボモータ20で駆動される圧着ローラ19により、溶接ワイヤ6をワイヤ供給パイプ21に送り出し、ワイヤチップ22から補修溶接部23に供給する。なお、サーボモータ20の代わりに超音波モータを用いても良い。超音波モータを用いることにより軽量

化を図ることができる。

【0033】このような構成の加工ヘッド11によれば、ワイヤ供給装置17と補修溶接部23が近いため、溶接ワイヤ6を滑らかに供給することができる。また、ワイヤ供給パイプ21とワイヤチップ22はろう付により一体化しており、溶接ワイヤ6をねらすことなく、ドライな状態で補修溶接部23に供給することができる。さらに、ワイヤチップ22をノズル24の内部に入れることにより、溶接ワイヤ6をドライな状態で補修溶接部23に供給することができる。

【0034】加工ヘッド11の後方には倣い用ローラ25を設け、かつ加工ヘッド11と加工機26とをばね機構27を介して結合してある。例えば、構造物16に大きな凹凸があるような場合、倣い用ローラ25が構造物16面に接触することにより、構造物16表面の凹凸に合わせてばね機構27が伸びたり縮んだりして、加工ヘッド11全体が前後に移動する。この機構により、ノズル24の端面と構造物16の距離、すなわちノズルギャップを一定に保つことができる。ノズルギャップは、シールドガスによる気体環境30a形成と溶接ビード形成に影響を及ぼすため、これを一定に保つことにより、安定した水中レーザ補修溶接を行うことができる。

【0035】さらに、ノズル24の先端に超音波振動素子28を取り付けてある。この超音波振動素子28はノズル24を超音波振動させる。この作用を、図5を用いて説明する。すなわち、構造物部材1上に形成した凹部8に開口欠陥4が一部残留した場合は、肉盛溶接層5の初層により開口欠陥4の開口部のみを封止するが、この際に、加工ヘッド11のノズル24において超音波振動を発生させ、開口欠陥4内部の水を噴霧状にして、開口欠陥4の外部に放出させることができる。

【0036】図6に本実施形態の補修溶接装置の全体構成を示す。本装置は、レーザ発振器31、加工機26および加工ヘッド11を主な構成要素とする。レーザ発振器31は、Arガスボンベ33とともに構造物16の外部の大気中に設置される。レーザ発振器31から出射されたレーザ光7を伝えるため、加工ヘッド11まで光ファイバ12で結ばれる。ここで、光ファイバ12の保護カバーを利用して、シールドガスArを加工ヘッド11まで送る。この構成により、シールドガス用に別途チューブを設ける必要がなくなる。

【0037】加工機26は、円筒状の構造物16の上部に設けられた梁34に中心軸を取り付けられた回転装置35と、中心軸から半径方向に移動するスライダ36と、スライダ36の先端から鉛直方向に移動するスライダ37で構成され、スライダ37の先端には加工ヘッド11が取り付けられる。この機構により、加工ヘッド11を補修溶接部23に大まかに位置決めする。スライダ37の先端では、吸着パット38によりスライダ37を構造物16に固定し、マジックハンド39により加工ヘ

ッド11の最終的な位置決めをし、2軸のスライダ40により加工ヘッド11を移動しながら補修溶接を行う。

【0038】次に本発明の第2の実施の形態として、開口欠陥を除去することなく、肉盛溶接と引張り残留応力の低減処理の2段階の工程からなる補修方法について図7を用いて説明する。

【0039】まず前処理工程として、溶接熱影響部3表面に付着したクラッドや酸化皮膜を除去し、溶接熱影響部3の表面部のクリーニングを実施する。これには、レーザ光の照射またはグラインダ加工やフラップホイール加工などによる機械的な研削を用いる。このうち、レーザ光の照射では、パルス幅を5ns～100nsとすることにより、溶接熱影響部3の表面部のみを瞬間に加熱することにより、クラッドもしくは酸化皮膜を除去することが可能である。溶接熱影響部3の表面部をクリーニングした後、外観観察や超音波による非破壊検査を実施してき裂状の開口欠陥4の有無を調べ、開口欠陥4が存在する場合はその存在位置および開口幅を把握する。

【0040】次に第1の工程として、開口欠陥4の発生している溶接熱影響部3に、補修溶接により肉盛溶接層5を形成する。肉盛溶接層5の形成時には、溶接ワイヤ6を供給しながら、レーザ光7の照射を行い、開口欠陥4の封止を実施する。本実施の形態で用いる加工ヘッドは、第1の実施の形態で先に説明したものと同じである。

【0041】原子炉炉内の構造物や機器を対象とした場合、中性子照射により基材が劣化し、溶接時の入熱により溶接欠陥が発生する可能性がある。そのため、補修溶接時の入熱量は0.1kJ/cm～5kJ/cmとすることが望ましい。さらに、開口欠陥4の開口部を肉盛溶接層5により封止する際に、加工ヘッド11のノズル24において超音波振動を発生させ、開口欠陥4内部の水を噴霧状にして、開口欠陥4の外部に放出させることも有効である。

【0042】次に第2の工程として、肉盛溶接層5を含む表面部にレーザ光を照射するレーザピーニングあるいは鋼球をあてるショットブラストにより、肉盛溶接層5を含む表面部における残留応力を除去または低減して残留応力低減層10を形成させる。レーザピーニングでは、レーザ光の照射により5ns～100nsという短時間で瞬間に肉盛溶接部の表面部を加熱し、その表面部を塑性変形させることにより、肉盛溶接層5の表面部における引張りの残留応力を低減することができる。また、ショットブラストでは、直径0.1mm～5mmの鋼球を肉盛溶接層5を含む表面部に当てるにより、表面部の塑性変形を起こし肉盛溶接層5の表面部における引張りの残留応力を低減することができる。

【0043】以上のように、開口欠陥部を除去することなく、補修溶接および残留応力低減処理という2段階の工程を含んだ補修を施すことにより、き裂進展による事

故を防止し、かつ補修後の経年劣化による応力腐食割れなどのき裂の再発生を抑制し、補修溶接部ひいては構造物全体の長寿命化を図ることが可能となる。

【0044】以上、第1の実施の形態においては、き裂を除去するため開先（凹部）を加工した後、肉盛補修溶接を行う開先肉盛の方法を説明し、第2の実施の形態では、き裂を除去しないで表面の開口部だけを封止するき裂封止の方法を説明した。

【0045】いずれの方法においても、溶接前にはスラグと酸化膜の除去が不可欠である。ただ、開先肉盛では開先を形成するときにスラグと酸化膜も除去するので、き裂の有無を問わず全溶接線を肉盛補修する場合は、クリーニングは不要である。一方、肉盛補修前にき裂の有無と位置を検査し確認する場合は、上述した前処理工程によりクリーニングを行うことが好適である。

#### 【0046】

【発明の効果】本発明の構造物の補修方法および補修溶接装置によれば、構造物に発生したき裂を除去し、またはき裂の表面開口部を封止するとともに、補修溶接部の表面部における引張りの残留応力を低減してき裂の再発生を抑制することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

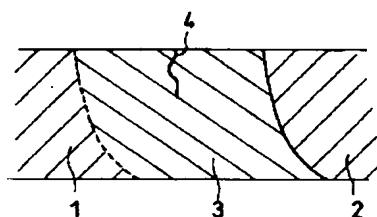
【図1】本発明の補修方法によって補修される構造物の要部を示す断面図。

【図2】本発明の第1の実施の形態の補修方法によって補修した構造物の要部断面を示す図。

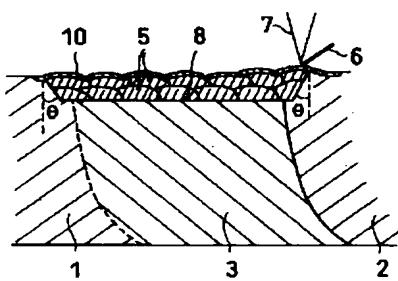
10 10 開口欠陥、10 残留応力低減層、11 加工ヘッド、12 光ファイバ、13 コリメータレンズ、14 集光レンズ、15 折返しミラー、16 構造物、17 ワイヤ供給装置、18 ワイヤリール、19 圧着ローラ、20 サーボモータ、21 ワイヤ供給パイプ、22 ワイヤチップ、23 補修溶接部、24 ノズル、25 倣いローラ、26 加工機、27 ばね機構、28 超音波振動素子、29 水、30 気泡、30a 気体環境、31 レーザ発振器、33 Arガスボンベ、34 梁、35 回転装置、36、37 スライダ、38 吸着パッド、39 マジックハンド、40 2軸スライダ。

\*

【図1】



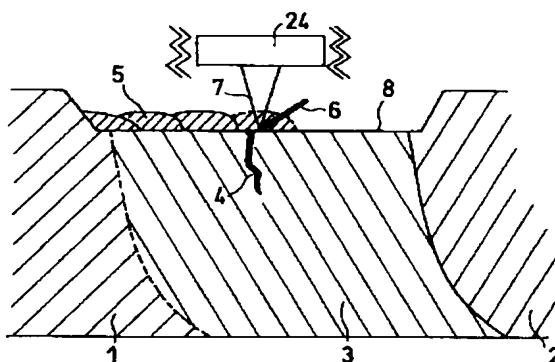
【図2】



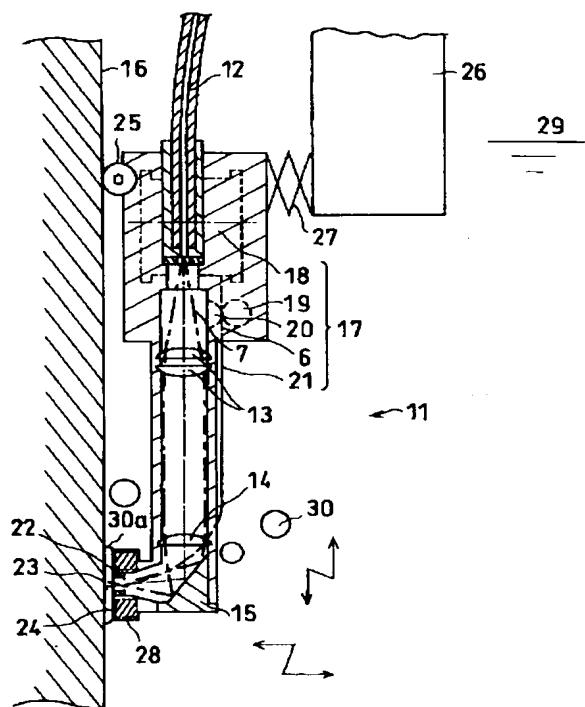
【図3】

発振器	波長	出力	加工速度	溶接ワイヤ	ワイヤ供給速度
YAGレーザ	1.06 μm	0.5~4.0kW	0.1~5 m/min	Φ0.4~1.0mm	0.5~8 m/min

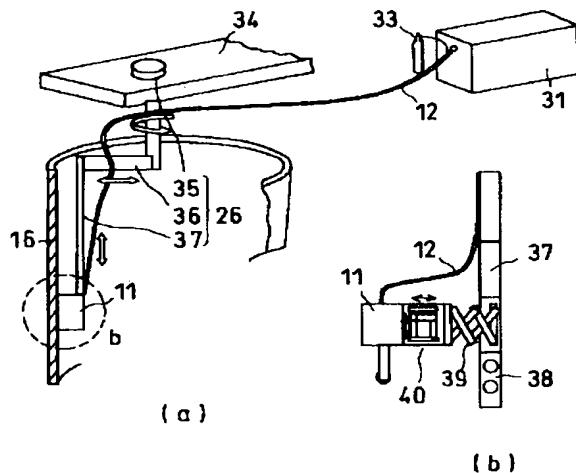
【図5】



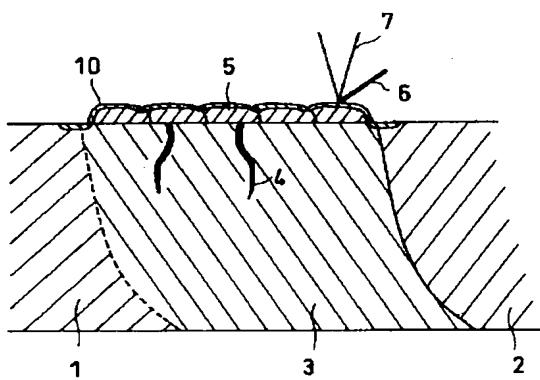
【図4】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(51) Int.C1.<sup>7</sup> 識別記号  
 B 2 4 C 1/10  
 E 0 4 G 23/02  
 G 2 1 C 19/02

(72) 発明者 河野 渉  
 神奈川県横浜市鶴見区末広町2丁目4番地  
 株式会社東芝京浜事業所内

F I テーマコード (参考)  
 B 2 4 C 1/10 F  
 E 0 4 G 23/02 B  
 G 2 1 C 19/02 J

(72) 発明者 末園 嘘一  
 神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株  
 式会社東芝横浜事業所内

(72)発明者 木村 盛一郎  
神奈川県横浜市鶴見区末広町2丁目4番地  
株式会社東芝京浜事業所内

(72)発明者 高橋 英則  
神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株  
式会社東芝横浜事業所内  
F ターム(参考) 2E176 AA17 BB01